

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



553496

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
4. November 2004 (04.11.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/094835 A1

(51) Internationale Patentklassifikation?: **F04D 29/38,**
29/32

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **EBM-PAPST ST. GEORGEN GMBH & CO. KG**
[DE/DE]; Hermann-Papst-Strasse 1, 78112 St. Georgen
(DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/003916

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. April 2004 (14.04.2004)

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **EIMER, Georg**
[DE/DE]; Rossbergstrasse 23, 78112 St. Georgen (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(74) Anwälte: **RAIBLE, Hans** usw.; Schoderstrasse 10, 70192
Stuttgart (DE).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

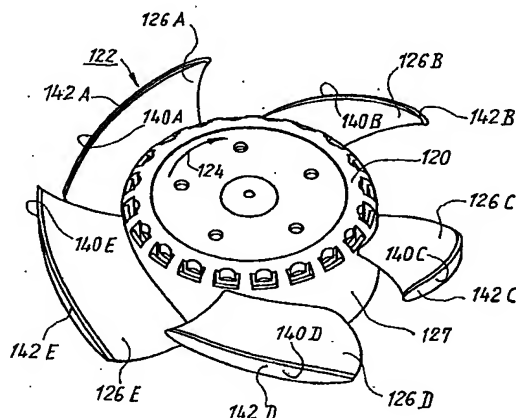
(30) Angaben zur Priorität:
203 06 455.0 19. April 2003 (19.04.2003) DE

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FAN

(54) Bezeichnung: LÜFTER



(57) Abstract: The invention relates to a fan comprising an air conveying channel (16) and a fan impeller (22) disposed therein which can be rotated about a center axis (25) and which has a center hub (20; 120) with an outer circumference (27) on which fan blades (26) are mounted. Said blades extend with their radially outer edges (40) to a surface (17) which is substantially coaxial to the center axis (25) and which limits the air conveying channel (16) towards the exterior. The blades (26) have a profile similar to that of airfoils. A flow element (42) is provided along the radial outer edge (40) of a fan blade. Said flow element is configured as a flow obstacle for a compensating flow that runs across said radial outer edge (40) from the pressure to the suction side and that has, from the cross-sectional perspective, also an airfoil profile. In the area of the leading edge (28) and the trailing edge (36) of a blade (26), the flow obstacle has essentially the same contour as the adjoining blade (26), and in a center area (48) between the leading edge and the trailing edge it is wider than the adjoining part of the blade (26) by a constant value.

(57) Zusammenfassung: Ein Lüfter hat einen Luftförderkanal (16) und ein darin angeordnetes Lüfterrad (22), welches um eine zentrale Achse (25) drehbar ist und eine zentrale Nabe (20; 120) mit einem Aussenumfang (27) hat, auf welchem Lüfterflügel (26) befestigt sind. Diese erstrecken sich mit ihren radial äusseren Rändern (40) bis zu einer zur zentralen Achse (25) im Wesentlichen koaxialen,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/094835 A1



CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT,

RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

den Luftförderkanal (16) nach aussen begrenzenden Fläche (17). Die Flügel (26) haben ein Profil ähnlich einem Tragflächenprofil. Entlang der radialen Aussenkante (40) eines Lüfterflügels ist ein Strömungselement (42) vorgesehen. Dieses ist als Umströmungshindernis für eine um diese radiale Aussenkante (40) von der Druckseite zur Saugseite verlaufende Ausgleichsströmung ausgebildet und hat im Querschnitt ebenfalls ein Tragflächenprofil. Im Bereich von Vorderkante (28) und Hinterkante (36) eines Flügels (26) hat es im Wesentlichen denselben Verlauf wie der benachbarte Teil des zugeordneten Flügels (26), und in einem mittleren Bereich (48) zwischen Vorder- und Rückkante ist es um einen etwa konstanten Betrag breiter als der benachbarte Teil des Flügels (26).

Lüfter

Die Erfindung betrifft einen Lüfter mit einem Luftförderkanal und einem darin drehbar angeordneten Lüfterrad, dessen Flügel im Bereich ihrer äußeren Kanten mit Strömungselementen versehen sind, die für die Förderströmung widerstandsarm sind und die für die um die Außenkanten der Flügel von der Druck- zur Saugseite verlaufenden Ausgleichsströmungen ein Hindernis darstellen.

Ein Lüfter mit solchen Strömungselementen ist bekannt aus der DE 30 17 226 A der Anmelderin. Diese Offenlegungsschrift zeigt verschiedene Bauweisen solcher Strömungselemente in Verbindung mit gestanzten Lüfterflügeln aus Blech. Diese Strömungselemente reduzieren die Verlustströmung in einem damit ausgestatteten Lüfter.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, einen neuen Lüfter bereit zu stellen, welcher zumindest in einem vorgegebenen Betriebsbereich ein reduziertes Geräuschniveau aufweist.

Nach einem ersten Aspekt der Erfindung wird diese Aufgabe gelöst durch einen Lüfter gemäß Anspruch 1. Es hat sich gezeigt, dass bei einem solchen Lüfter in überraschender Weise die Lüftergeräusche abnehmen, besonders im sogenannten laminaren Bereich, also bei hohen Fördervolumina und einer relativ kleinen Druckerhöhung Δp . Auch im nichtlaminaren Bereich, also bei höheren Gegendrücken und kleineren Luftmengen, tritt bei einem solchen Lüfter eine Geräuschabsenkung auf. Eine theoretische Erklärung könnte sein, dass entlang der gesichelten Vorderkanten der Lüfterflügel eine Luftströmung auftritt, und diese Luftströmung strömt hier praktisch bis zum Außenumfang der Nabe, wo die Umfangsgeschwindigkeit am kleinsten ist und folglich durch diese Strömung nur wenig Geräusche erzeugt werden. Naturgemäß wird das Ausmaß der Sichelung dadurch begrenzt, dass bei einer sehr stark ausgeprägten Sichelform die axiale Länge eines solchen Lüfters zu groß werden könnte.

Eine andere Lösung der gestellten Aufgabe ist Gegenstand des Anspruchs 12. Es hat sich gezeigt, dass eine derartige Ausgestaltung des Profils von Flügel und

Strömungselement zu einem besonders ruhigen Lauf des Lüfters beiträgt.

Weitere Einzelheiten und vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den im folgenden beschriebenen und in der Zeichnung dargestellten, in keiner Weise als Einschränkung der Erfindung zu verstehenden Ausführungsbeispielen, sowie aus den Unteransprüchen. Es zeigt:

Es zeigt:

- Fig. 1 eine Draufsicht auf einen Gerätelüfter, hier einen Axiallüfter, nach einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung,
- Fig. 2 eine Darstellung des Lüfterrades beim Lüfter der Fig. 1, in vergrößerter Darstellung,
- Fig. 3 eine raumbildliche Darstellung des Lüfterrads gemäß Fig. 1 und 2,
- Fig. 4 eine Seitenansicht des Lüfterrades der Fig. 1 bis 3,
- Fig. 5 einen Schnitt, gesehen längs der Linie V-V der Fig. 2,
- Fig. 6 einen sagittalen Schnitt durch einen Flügel des Lüfters der Fig. 1 bis 5, gesehen längs der Linie VI-VI der Fig. 2,
- Fig. 7 einen Schnitt, gesehen längs der Linie VII-VII der Fig. 2, in vergrößerter Darstellung,
- Fig. 8 einen Schnitt analog Fig. 7, gesehen längs der Linie VIII-VIII der Fig. 2,
- Fig. 9 einen Schnitt analog Fig. 7, gesehen längs der Linie IX-IX der Fig. 2,
- Fig. 10 eine Darstellung von Schalldruckpegel L_p und Druckanstieg Δp über der Schieberstellung eines Prüfstandes, bei einem Axiallüfter, dessen Lüfterflügel an der Außenkante keine Strömungselemente haben,
- Fig. 11 eine Darstellung analog Fig. 10 für einen Lüfter gleicher Bauart, bei dem jedoch die Lüfterflügel an ihrer Außenkante mit speziellen

Strömungselementen versehen sind,

- Fig. 12 eine Darstellung, welche die Kurven gemäß Fig. 10 und 11 im Vergleich zeigt; man erkennt, dass man bei diesem Ausführungsbeispiel eine Reduzierung des Schalldruckpegels L_p erhält, besonders ausgeprägt im laminaren, aber auch im turbulenten Bereich,
- Fig. 13 eine Draufsicht analog Fig. 2 auf ein Lüfterrad 122 nach einer zweiten Ausführungsform der Erfindung,
- Fig. 14 eine raumbildliche Darstellung des Lüfterrades 122 der Fig. 13 in einer Darstellung analog Fig. 3, und
- Fig. 15 eine Vergleichsdarstellung, welche Lüfterkennlinien für das Lüfterrad 122 nach den Fig. 13 und 14 mit und ohne die speziellen Strömungselemente (Winglets) zeigt.

In den nachfolgenden Figuren werden für gleiche oder gleich wirkende Bauteile jeweils dieselben Bezugszeichen verwendet, ggf. um die Zahl 100 erhöht (z.B. 122 statt 22), und diese Bauteile werden gewöhnlich nur einmal beschrieben.

Fig. 1 zeigt einen Gerätelüfter 10 üblicher Bauart. Die vorliegende Erfindung kann bei einem Axiallüfter und einem Diagonallüfter realisiert werden. Der in Fig. 1 dargestellte Lüfter 10 hat ein Außengehäuse 12, an dessen vier Ecken jeweils Befestigungsöffnungen 14 vorgesehen sind und der in seinem Inneren einen Luftförderkanal 16 definiert, welcher nach außen hin durch eine Rotationsfläche 17 begrenzt ist und in welchem über Stege 18 die zentrale Nabe 20 eines Lüfterrades 22 drehbar gelagert ist, die im Betrieb von einem innerhalb dieser Nabe 20 angeordneten Elektromotor um eine zentrale Achse 25 (Fig. 4 und 5) gedreht wird. In Fig. 1 dreht sich die Nabe 20 in Richtung eines Pfeiles 24 entgegen dem Uhrzeigersinn. Die Luftströmung ist so, dass die Luft über die Stege 18 ausgeblasen wird, also durch die Rückseite des Lüfters 10, bezogen auf Fig. 1.

Wie die Fig. 1 bis 5 zeigen, sind auf dem Außenumfang 27 der Nabe 20 fünf Lüfterflügel 26 befestigt, die mit 26A bis 26E bezeichnet sind. Der Winkelabstand β von der Vorderkante 28A des Lüfterflügels 26A zur Vorderkante 28B des Flügels 26B

beträgt bei diesem Ausführungsbeispiel 74° . Die Flügel 26 sind ungleichmäßig am Umfang der Nabe verteilt, um ein angenehmeres Frequenzspektrum zu erhalten. Naturgemäß stellt die dargestellte Art der Verteilung nur eine bevorzugte Ausführungsform dar.

Wie die Fig. 1 bis 3 zeigen, sind die Vorderkanten 28A bis 28E der Flügel 26 konkav und sichelförmig ausgebildet. Die Hinterkanten der Flügel 26 sind mit 36A bis 36E bezeichnet und konvex. Sie sind so ausgebildet, dass ihr Schnitt mit den Stegen 18 "schleifend" erfolgt, also "mit schleifendem Schnitt". Dies bedeutet, dass in den meisten oder allen Drehstellungen und in der Draufsicht gesehen der gedachte Schnitt zwischen einem Steg 18 und einer Hinterkante 36 (die sich selbstverständlich nicht berühren), unter einem Winkel erfolgt, wie das z.B. Fig. 1 klar zeigt. Diese Maßnahme trägt zur Geräuschkämpfung bei.

Die radial äußeren Kanten der Flügel 26 sind mit 40A bis 40E bezeichnet. Wie in Fig. 5 dargestellt, haben diese Kanten 40 einen radialen Abstand d von der Innenseite 17 des Außengehäuses 12. Dieser "Luftspalt" d sollte möglichst klein sein. Wenn er groß ist, fließt durch ihn eine beträchtliche Verlustströmung von der Druckseite zur Saugseite des Lüfters 10.

Zur Reduzierung dieser Luftströmung sind die einzelnen Flügel 26 im Bereich ihrer radial äußeren Kanten 40 mit Strömungselementen 42A bis 42E versehen, nämlich mit Verbreiterungen der äußeren Flügelkanten 40, die sich bevorzugt in axialer Richtung zur Saugseite und zur Druckseite erstrecken. (Bei Diagonallüftern verwendet man bevorzugt Flügel, bei denen sich solche Strömungselemente nur auf der Saugseite befinden.)

Wie sich aus den sagittalen Schnitten der Fig. 6 bis 9 ergibt, haben die Flügel 26 etwa die Querschnittsform einer Flugzeug-Tragfläche, d.h. die Vorderkante 28C ist rund und relativ stumpf. Von ihr aus nimmt die Dicke D eines Flügels 26 zunächst zu und dann in Richtung zur Hinterkante 36 wieder ab, und der Flügel 26 läuft an der Hinterkante 36 spitz zu, um dort die Ausbildung von Wirbeln und daraus folgenden Geräuschen zu reduzieren bzw. zu vermeiden.

Die Strömungselemente 42 haben einen analogen Verlauf wie der zugehörige Flügel, vgl. Fig. 6, d.h. sie laufen ebenfalls an der Hinterkante 36 spitz zu und sind an der

Vorderkante 28 abgerundet, und im Zwischenbereich 48 zwischen dem Bereich der Vorderkante 28 und dem Bereich der Hinterkante 36 ragen sie um einen im Wesentlichen konstanten Betrag in axialer Richtung über den Flügel 26 hinaus, wie das die Fig. 5 und 6 klar zeigen. An beiden Enden ist ein gleitender Übergang vorgesehen, d.h. der konstante Betrag nimmt dort gleitend auf 0 ab.

Die Strömungselemente 42, in Verbindung mit dem schmalen Luftspalt d (Fig. 5), bilden einen erhöhten Widerstand für die Verlustströmung, die im Betrieb um den äußeren Rand 40 der Flügel 26 herum von der Druckseite zur Saugseite verläuft.

Wie besonders aus **Fig. 3 und 4** hervorgeht, sind die einzelnen Flügel 26 gewunden, d.h. die Stelle, wo ein Flügel 26 aus der Nabe 20 sozusagen heraus wächst, hat er etwa die Form eines Gewindeabschnitts, und ebenso sind auch die äußeren Kanten 40 der Flügel 26 nach Art eines Gewindeabschnitts geformt, wobei aber, wie dargestellt, die Steigung der Gewindeabschnitte im Bereich der Nabe 20 größer ist als im Bereich der radial äußeren Kanten 40.

Fig. 10 zeigt für einen Lüfter, dessen Flügel 26 nicht mit Strömungselementen 42 versehen sind, die Druckerhöhung Δp_1 und den Schalldruckpegel L_{p1} . Die Kurven wurden auf einem üblichen Lüfter-Prüfstand gemessen, bei dem an der Druckseite des Lüfters 10 eine verstellbare Drossel (nicht dargestellt) angeordnet ist. Die Öffnung ODR dieser Drossel ist auf der horizontalen Achse mit Werten zwischen 0 und 2500 angegeben, wobei "0" bedeutet, dass diese Drossel geschlossen ist.

Man erkennt, dass bei einer Drosselöffnung unter 1000 der Lüfter 10 im Bereich der turbulenten Strömung arbeitet, wobei nach links der Druck Δp_1 und der Schalldruckpegel L_{p1} ansteigen.

Bei Werten rechts vom Wert 1000 für die Drosselöffnung, also bei weiter geöffneter Drossel, nimmt der Druck Δp_1 ab, und entsprechend steigt das geförderte Luftvolumen an, was mit einem höheren L_{p1} verbunden ist.

Fig. 11 zeigt die Kurven für das beschriebene Ausführungsbeispiel, d.h. der Lüfter ist zwar der gleiche wie in Fig. 10, aber das Lüfterrad 22 ist mit den beschriebenen Strömungselementen 42 versehen.

Der Verlauf der Druckkurve (Δp_2) ist gleich wie in Fig. 10, aber der Schalldruckpegel L_{p2} ist besonders im Bereich größerer Drosselöffnungen (etwa von 1.100 aufwärts) um etwa 1,5 ... 2 dB(A) reduziert.

Im Bereich um die Drosselöffnung 1000 herum stimmen die Kurven L_{p1} und L_{p2} weitgehend überein, aber im Bereich unterhalb der Drosselöffnung 600 ist ebenfalls eine Senkung des Schalldruckpegels festzustellen.

Durch die beschriebenen Strömungselemente 42 erhält man also ohne jeden Mehraufwand eine Reduzierung des Schalldruckpegels L_p , die akustisch wahrnehmbar ist und deren Höhe vom Arbeitspunkt abhängt, an dem der betreffende Lüfter 10 betrieben wird. Die Sichelung der Vorderkanten 28 trägt ebenfalls zu einer Geräuschminderung bei.

Die **Fig. 13 und 14** zeigen ein Lüfterrad 122 nach einem zweiten, besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einer zentralen Nabe 120. Das Außengehäuse dieses Lüfterrads hat die gleiche Form wie das Außengehäuse 12 der Fig. 1 und ist deshalb nicht nochmals dargestellt. Die Drehrichtung ist mit 124 bezeichnet, d.h. das Lüfterrad 122 dreht sich im Uhrzeigersinn. Fig. 14 zeigt einen Blick auf die Saugseite des Lüfterrades 122.

Wie die Fig. 13 und 14 zeigen, sind auf dem Außenumfang 127 der Nabe 120 fünf Lüfterflügel 126 befestigt, die mit 126A bis 126E bezeichnet sind. Diese sind, ebenso wie beim ersten Ausführungsbeispiel, ungleich am Umfang 127 der Nabe 120 verteilt, um ein angenehmes Frequenzspektrum der Lüftergeräusche zu erhalten.

Wie die Fig. 13 und 14 zeigen, sind die Vorderkanten 128A bis 128E der Flügel 126 konkav und stark sichelförmig ausgebildet. Bei diesem Ausführungsbeispiel liegt in bevorzugter Weise das äußere Ende 130A bis 130E der Sichel 128, in Drehrichtung 124 gesehen, vor der Übergangsstelle 132A bis 132E der Sichel 128 in die Nabe 120, wobei in besonders bevorzugter Weise diese Übergangsstellen 132A bis 132E, bezogen auf die Drehrichtung 124, ganz hinten liegen, d.h. die ganze Sichel 128 erstreckt sich, wie dargestellt, von dieser Übergangsstelle 132 aus in Drehrichtung nach vorne. Dadurch ergibt sich z.B. an der Übergangsstelle 132A ein Winkel α von etwa 78° , unter dem die Sichelkante 128A aus der Nabe 120 austritt. Dieser Winkel α ist z.B. bei den Fig. 1 bis 12 größer als 90° . Er sollte bevorzugt $<90^\circ$ sein

und hat bevorzugte Werte zwischen 70 und 90°, insbesondere zwischen 75 und 85°.

Wie nachfolgend an Messkurven erläutert, bringt diese Ausgestaltung eine zusätzliche erhebliche Geräuschreduzierung, erfordert aber meist eine größere axiale Erstreckung des Lüfters als bei der Version nach den Fig. 1 bis 12.

Zum Vergleich ist darauf hinzuweisen, dass bei dem Lüfterrad 22 nach den Fig. 1 bis 12 das äußere Ende 30A bis 30E der Sichel 28 jeweils auf dem gleichen Radiusvektor liegt wie das innere Ende 32A bis 32E, was eine axial kürzere Bauweise ergibt, aber für die Geräuschreduzierung weniger günstig ist als die Version nach den Fig. 13 bis 15, wie sich aus einem Vergleich der Messkurven gemäß Fig. 12 und Fig. 15 ergibt.

Die Hinterkanten der Flügel 126A bis 126E sind mit 136A bis 136E bezeichnet und ebenfalls stärker sichelartig gekrümmt als bei der Version nach den Fig. 1 bis 12. Ihr Schnitt mit den Stegen 18 des Gehäuses 12 erfolgt ebenfalls "mit schleifendem Schnitt", wie bei Fig. 1 bis 12 ausführlich beschrieben.

Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass für die Version nach den Fig. 13 bis 15 eine Form des Außengehäuses verwendet wird, bei der die Stege 18 spiegelbildlich zu Fig. 1 verlaufen. Z.B. verläuft bei Fig. 1 der Steg 18 von einer äußeren Stelle, die bei einer Uhr etwa 6 Uhr entsprechen würde, zu einer inneren Stelle, die etwa 8 Uhr entspricht. Bei der Version nach Fig. 13 bis 15 würde dieser Steg 18 von einer äußeren Stelle, die etwa 6 Uhr entspricht, zu einer inneren Stelle verlaufen, die etwa 4 Uhr entspricht. Dadurch ergibt sich für die Lüfterräder der Fig. 13 und 14 der erwähnte "schleifende Schnitt".

Die äußeren radialen Kanten der Flügel 126 sind mit 140A bis 140E bezeichnet. Analog Fig. 5 haben diese Kanten 140 einen kleinen radialen Abstand d von der Innenseite des Lüftergehäuses 12. Durch den hierbei gebildeten Spalt fließt eine Verlustströmung von der Druckseite zur Saugseite des Lüfters.

Zur Reduzierung dieser Luftströmung sind die einzelnen Flügel 126 im Bereich ihrer radial äußeren Kanten 140 mit Strömungselementen 142A bis 142E versehen, die sich in axialer Richtung zwischen Saugseite und Druckseite erstrecken.

Die Form der Strömungselemente 142 ergibt sich sehr gut aus der Darstellung gemäß Fig. 14, welche besonders das Strömungselement 142D und einen Teil des Strömungselements 142C sehr gut zeigt. Der Verlauf der Strömungselemente 142 ist der gleiche wie bei Fig. 6 für das Strömungselement 42C ausführlich beschrieben, und dasselbe gilt für das Profil der Flügel 126, so dass für diesen Teil auf die Beschreibung zu den Fig. 1 bis 12 verwiesen werden kann. In Verbindung mit dem schmalen Luftspalt d (Fig. 5) bilden die Strömungselemente 142 einen erhöhten Widerstand für die Verlustströmung, die im Betrieb um den äußeren Rand 140 der Flügel 126 herum von der Druckseite zur Saugseite verläuft.

Wie aus Fig. 14 klar hervorgeht, sind die einzelnen Flügel 126 gewunden, d.h. die Stelle, wo ein Flügel 126 aus der Nabe 120 sozusagen heraus wächst, hat etwa die Form eines Gewindeabschnitts, und ebenso haben auch die äußeren Kanten 140 der Flügel 126 etwa die Form eines Gewindeabschnitts, wobei aber, wie dargestellt, die Gewindesteigung im Bereich der Nabe 120 größer ist als im Bereich der radial äußeren Kanten 140.

Fig. 15 zeigt im Vergleich Lüfterkennlinien für das Lüfterrad 122 ohne Strömungselemente und das Lüfterrad 122 mit den Strömungselementen 142, bei gleichem Luftspalt d (ebenso wie bei den Darstellungen zu den Fig. 1 bis 12). Die Druckerhöhung für ein Lüfterrad ohne Strömungselemente 142 ist mit Δp_3 bezeichnet, und die Druckerhöhung für das gleiche Lüfterrad 122 mit den Strömungselementen 142 ist mit Δp_4 bezeichnet. Man erkennt, dass sich ohne die Strömungselemente 142 eine geringfügig größere Druckerhöhung Δp ergibt.

Der Schalldruckpegel für ein Lüfterrad ohne Strömungselemente ist mit L_{p3} bezeichnet, und der Schalldruckpegel für das gleiche Lüfterrad 122 mit den Elementen 142 mit L_{p4} . Für diese Messung befand sich, ebenso wie bei den Fig. 1 bis 12, das Messmikrofon vor der Ansaugseite des Lüfters in Achshöhe des Lüfters.

Vergleicht man Fig. 15 mit Fig. 12, so erkennt man, dass sich durch die stärkere Sichelung der Vorderkanten 128, in Verbindung mit den Strömungselementen 142, hier über den ganzen Messbereich eine Reduzierung des Schalldruckpegels L_p ergibt, die besonders im laminaren Bereich sehr ausgeprägt ist. Für die Praxis hängt die Geräuschreduzierung davon ab, in welchem Bereich seiner Kennlinie der betreffende Lüfter betrieben wird, wie das dem Fachmann für Lüfter geläufig ist. Ein

physikalischer Grund für die Geräuschminderung könnte sein, dass sich im Bereich der gesichelten Vorderkanten 128 eine Luftströmung ausbilden kann, die entlang einer gesamten Vorderkante 128 von außen nach innen und damit zu einem Bereich mit niedriger Umfangsgeschwindigkeit strömt, wobei die Strömungselemente 142 einen positiven Einfluss auf den Beginn dieser Luftströmung haben.

Eine Messung der Schallleistung LWA bei der Version nach den Fig. 13 bis 15 hat ergeben, dass besonders im Bereich der Terz-Mittenfrequenzen von 5 bis 20 kHz durch die Strömungselemente eine Reduzierung der Schallleistung erreicht werden konnte. Dagegen differieren im Bereich von 160 bis 4000 Hz die Schallleistungen nur wenig, d.h. durch die Strömungselemente 42 bzw. 142 wird besonders das Rauschen reduziert.

Naturgemäß sind im Rahmen der vorliegenden Erfindung vielfältige Abwandlungen und Modifikationen möglich.

Patentansprüche

1. Lüfter mit einem Luftförderkanal (16) und einem darin angeordneten Lüfterrad (122), welches um eine zentrale Achse (25) drehbar ist und eine zentrale Nabe (120) mit einem Außenumfang (127) aufweist, auf welchem Lüfterflügel (126) befestigt sind, die sich mit ihren radial äußeren Rändern (140) bis zu einer zur zentralen Achse (25) im Wesentlichen coaxialen, den Luftförderkanal (16) nach außen hin begrenzenden Fläche (17) erstrecken, welche Flügel (126) jeweils an ihrer Vorderkante (128) konkav und sichelförmig in der Weise ausgebildet sind, dass das radial äußere Ende (130) einer Sichel (128), bezogen auf die Drehrichtung (124), in Umfangsrichtung weiter vorne liegt als das nabenseitige Ende (132) der Sichel (128), ferner mit entlang des radial äußeren Randes (140) der Lüfterflügel (126) vorgesehenen Strömungselementen (142), die für eine um diesen radial äußeren Rand (140) von der Druckseite zur Saugseite verlaufende Ausgleichsströmung als Umströmungshindernisse ausgebildet sind, wobei die Flügel (126) gewunden ausgebildet sind und eine konvexe Hinterkante (136) aufweisen.
2. Lüfter nach Anspruch 1, welcher ein Außengehäuse (12) aufweist, von dem sich mindestens ein quer zum Luftförderkanal (16) verlaufender Steg (18) weg erstreckt, und die Hinterkante (36; 136) der Flügel (26; 126) konvex in der Weise ausgebildet ist, dass bei der Drehung des Lüfterrades (22; 122) diese Hinterkante (36; 136), in der Draufsicht gesehen, diesen Steg (18) an aufeinander folgenden Zeitpunkten an verschiedenen Stellen schneidet.
3. Lüfter nach Anspruch 2, bei welchem die konvexe Hinterkante (36; 136) mit schleifenden Schnitten ausgebildet ist.
4. Lüfter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die konkav sichelförmige Vorderkante (128) einen Bereich (132) aufweist, der, bezogen auf die Drehbewegung (124), am stärksten nacheilt, welcher Bereich im Wesentlichen am Übergang von der Nabe (120) zur Vorderkante (128) des betreffenden Flügels (126) liegt.
5. Lüfter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die konkav

sichelförmige Vorderkante (128) mit dem vor dem betreffenden Flügel (126) liegenden Bereich der Nabe (120) einen Winkel (α) einschließt, der etwa 90° oder weniger beträgt.

6. Lüfter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Flügel (126) in der Weise gewunden sind, dass ihre Gewindesteigung an der Nabe (120) größer ist als im Bereich der radial äußeren Kanten (140).
7. Lüfter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Lüfterflügel (126), in einem sagittalen Schnitt gesehen, ein Profil aufweisen, das etwa einem Tragflächenprofil entspricht.
8. Lüfter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Strömungselemente (142) sich zumindest bereichsweise beidseitig, also druck- und saugseitig, längs des radial äußeren Randes (140) der Lüfterflügel (126) erstrecken.
9. Lüfter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Strömungselemente (142) jeweils ein Profil aufweisen, das im Bereich der Vorderkante (128) eines Lüfterflügels (126) von dieser Vorderkante (128) aus nach Art der Vorderkante einer Tragfläche zunimmt, und im Bereich der Hinterkante (136) nach Art der Hinterkante einer Tragfläche ausläuft.
10. Lüfter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Lüfterflügel (26; 126), in einem radialen Schnitt gesehen, in Richtung zur Saugseite konvex ausgebildet sind, und zumindest auf einem Teil ihrer Erstreckung in ihrem radial äußeren Bereich unter einem Krümmungsradius in einen zur Saugseite ragenden Teil des zugeordneten Strömungselements (42; 142) übergehen.
11. Lüfter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Lüfterflügel (26; 126), in einem radialen Schnitt gesehen, in Richtung zur Druckseite konkav ausgebildet sind und zumindest auf einem Teil ihrer Erstreckung mit ihrem radial äußeren Rand unter einem Krümmungsradius in einen zur Druckseite ragenden Teil des zugeordneten Strömungselements (42; 142) übergehen.

12. Lüfter mit einem Luftförderkanal (16) und einem darin angeordneten Lüfterrad (22; 122), welches um eine zentrale Achse (25) drehbar ist und eine zentrale Nabe (20; 120) mit einem Außenumfang (27; 127) aufweist, auf welchem Lüfterflügel (26; 126) befestigt sind, die sich mit ihren radial äußeren Rändern (40; 140) bis zu einer zur zentralen Achse (25) im Wesentlichen koaxialen, den Luftförderkanal (16) nach außen begrenzenden Fläche (17) erstrecken, welche Flügel (26; 126) jeweils ein Profil aufweisen, das ähnlich dem Tragflächenprofil eines Flugzeugs ausgebildet ist, wobei entlang der radialen Außenkante (40; 140) der Lüfterflügel (26; 126) jeweils ein Strömungselement (42; 142) vorgesehen ist, das für eine um diese radiale Außenkante (40; 140) von der Druckseite zur Saugseite verlaufende Ausgleichsströmung als Umströmungshindernis ausgebildet ist, welches Strömungselement (42; 142) im Querschnitt ebenfalls im Wesentlichen wie ein Tragflächenprofil ausgebildet ist und im Bereich der Vorderkante (28; 128) und der Hinterkante (36; 136) eines Flügels (26; 126) im Wesentlichen denselben Verlauf hat wie der benachbarte Teil des zugeordneten Flügels (26; 126), und in einem mittleren Bereich (48) zwischen Vorder- und Rückkante um einen etwa konstanten Betrag breiter ist als der benachbarte Teil des Flügels (26; 126).
13. Lüfter nach Anspruch 12, bei welchem in einem Übergangsbereich zwischen Vorderkante (28; 128) und mittlerem Bereich (48) das Verhältnis von axialer Erstreckung des Strömungselements (42; 142) zur axialen Erstreckung (D) des benachbarten Flügels (26) in Richtung weg von der Vorderkante (28; 128) zunimmt.
14. Lüfter nach Anspruch 12 oder 13, bei welchem in einem Übergangsbereich zwischen Hinterkante (36; 136) und mittlerem Bereich (48) das Verhältnis von axialer Erstreckung des Strömungselements (42; 142) zur axialen Erstreckung (D) des benachbarten Flügels (26; 126) in Richtung weg von der Hinterkante (36; 136) zunimmt.
15. Lüfter nach einem der Ansprüche 12 bis 14, bei welchem die Strömungselemente (42, 142) sich zumindest bereichsweise beidseitig, also druck- und saugseitig, längs des radial äußeren Randes der Lüfterflügel (26; 126) erstrecken.

16. Lüfter nach einem der Ansprüche 12 bis 15, bei welchem die Strömungselemente (42; 142) zumindest bereichsweise auf der Druckseite, in Achsrichtung gesehen, höher ausgebildet sind als auf der Saugseite.
17. Lüfter nach einem der Ansprüche 12 bis 16, bei welchem die Flügel (26; 126) jeweils in der Weise gewunden sind, dass ihre Steigung an der Nabe (20; 120) größer ist als die Steigung im Bereich der radial äußeren Kante (40; 140).
18. Lüfter nach einem der Ansprüche 12 bis 17, bei welchem die Flügel (26; 126) im Bereich der Hinterkante konvex und mit schleifenden Schnitten ausgebildet sind.
19. Lüfter nach einem der Ansprüche 12 bis 18, welcher ein Außengehäuse (12) aufweist, von dem sich mindestens ein quer zum Luftförderkanal (16) verlaufender Steg (18) weg erstreckt, und die Hinterkante (36; 136) der Flügel (26; 126) konvex in der Weise ausgebildet ist, dass bei der Drehung des Lüfterrades (22; 122) diese Hinterkante (36; 136), in der Draufsicht gesehen, diesen Steg (18) an aufeinander folgenden Zeitpunkten an verschiedenen Stellen schneidet.
20. Lüfter nach einem der Ansprüche 12 bis 19, bei welchem die Lüfterflügel (26; 126), in einem radialen Schnitt gesehen, in Richtung zur Saugseite konvex ausgebildet sind und zumindest auf einem Teil ihrer Erstreckung in ihrem radial äußeren Bereich unter einem Krümmungsradius in einen zur Saugseite ragenden Teil des zugeordneten Strömungselements (42; 142) übergehen.
21. Lüfter nach einem der Ansprüche 12 bis 20, bei welchem die Lüfterflügel (26; 126), in einem radialen Schnitt gesehen, in Richtung zur Druckseite konkav ausgebildet sind und zumindest auf einem Teil ihrer Erstreckung mit ihrem radial äußeren Rand unter einem Krümmungsradius in einen zur Druckseite ragenden Teil des zugeordneten Strömungselements (42; 142) übergehen.
22. Lüfter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welcher als Diagonallüfter ausgebildet ist, und bei welchem die Strömungselemente (42; 142) nur auf der Saugseite der Flügel (26; 126) vorgesehen sind.

1/12

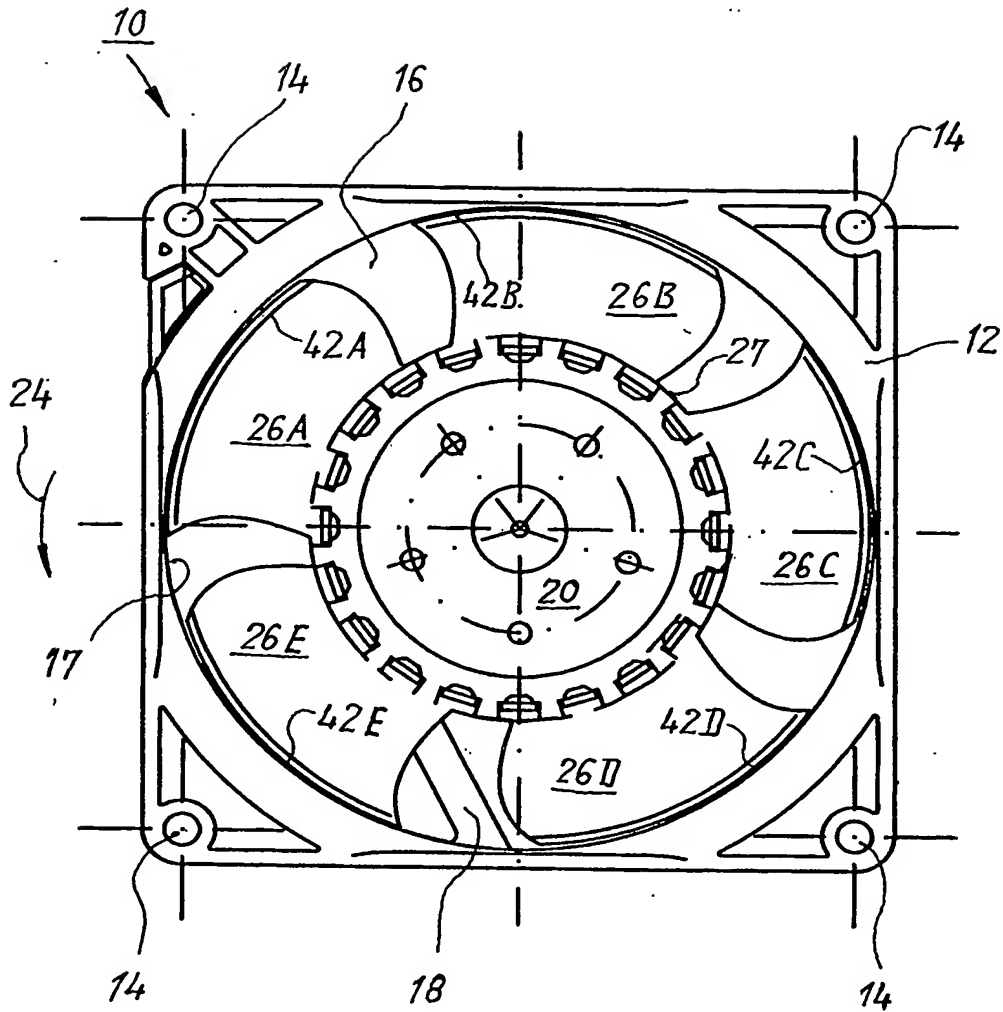


Fig. 1

2/12

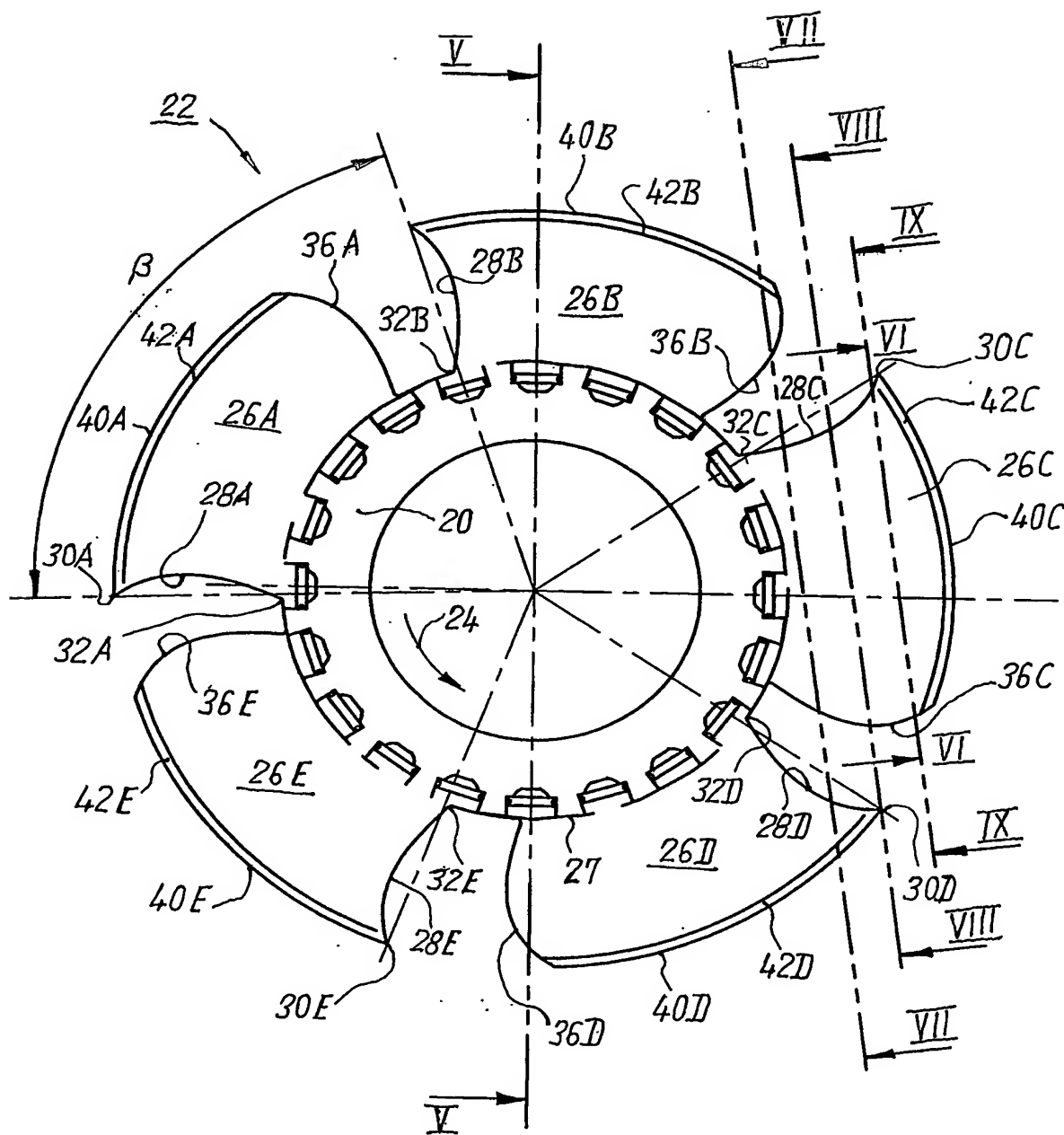


Fig. 2

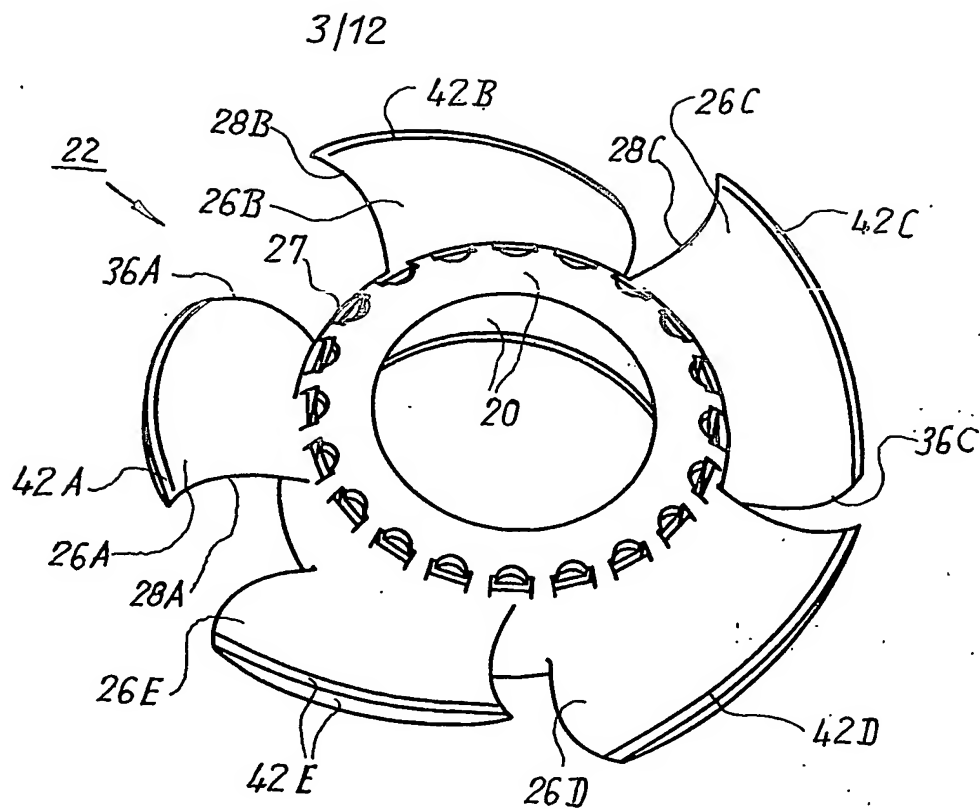


Fig. 3

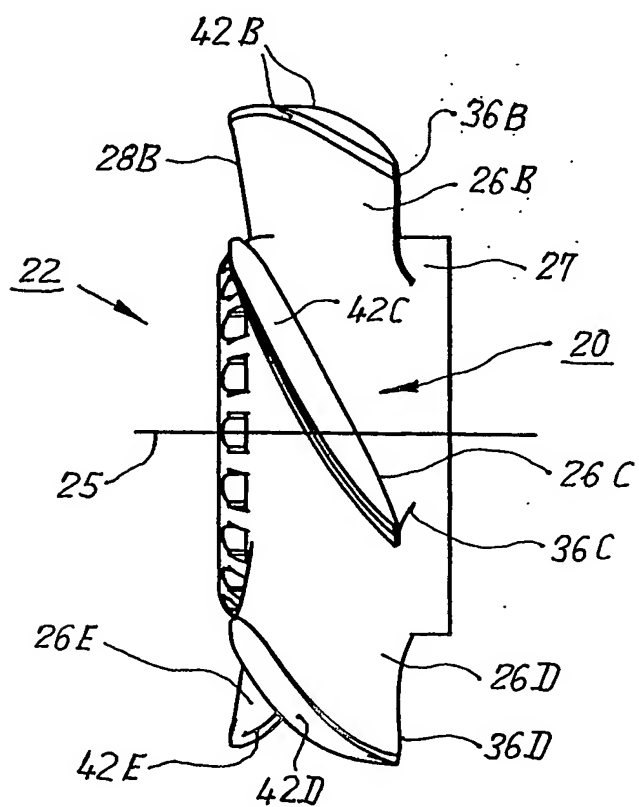


Fig. 4

4/12

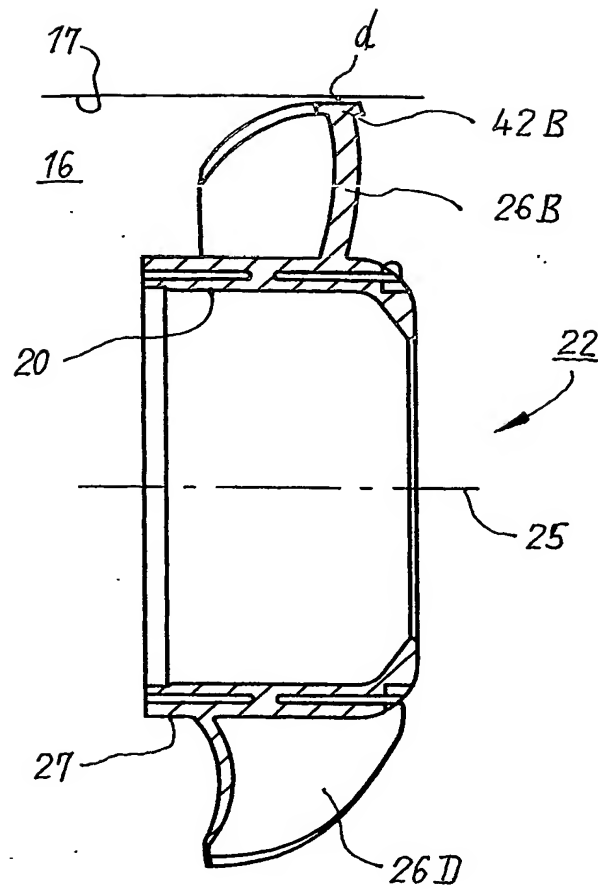


Fig. 5

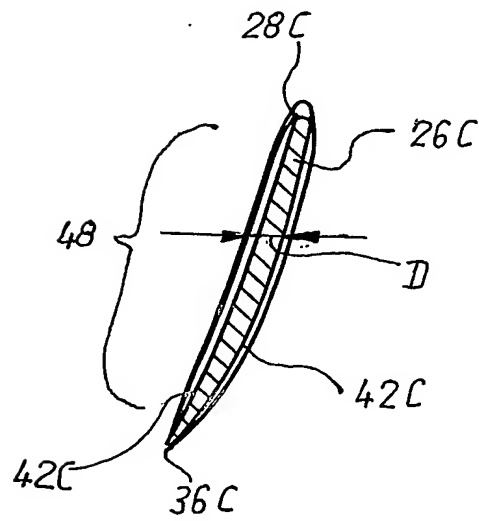


Fig. 6

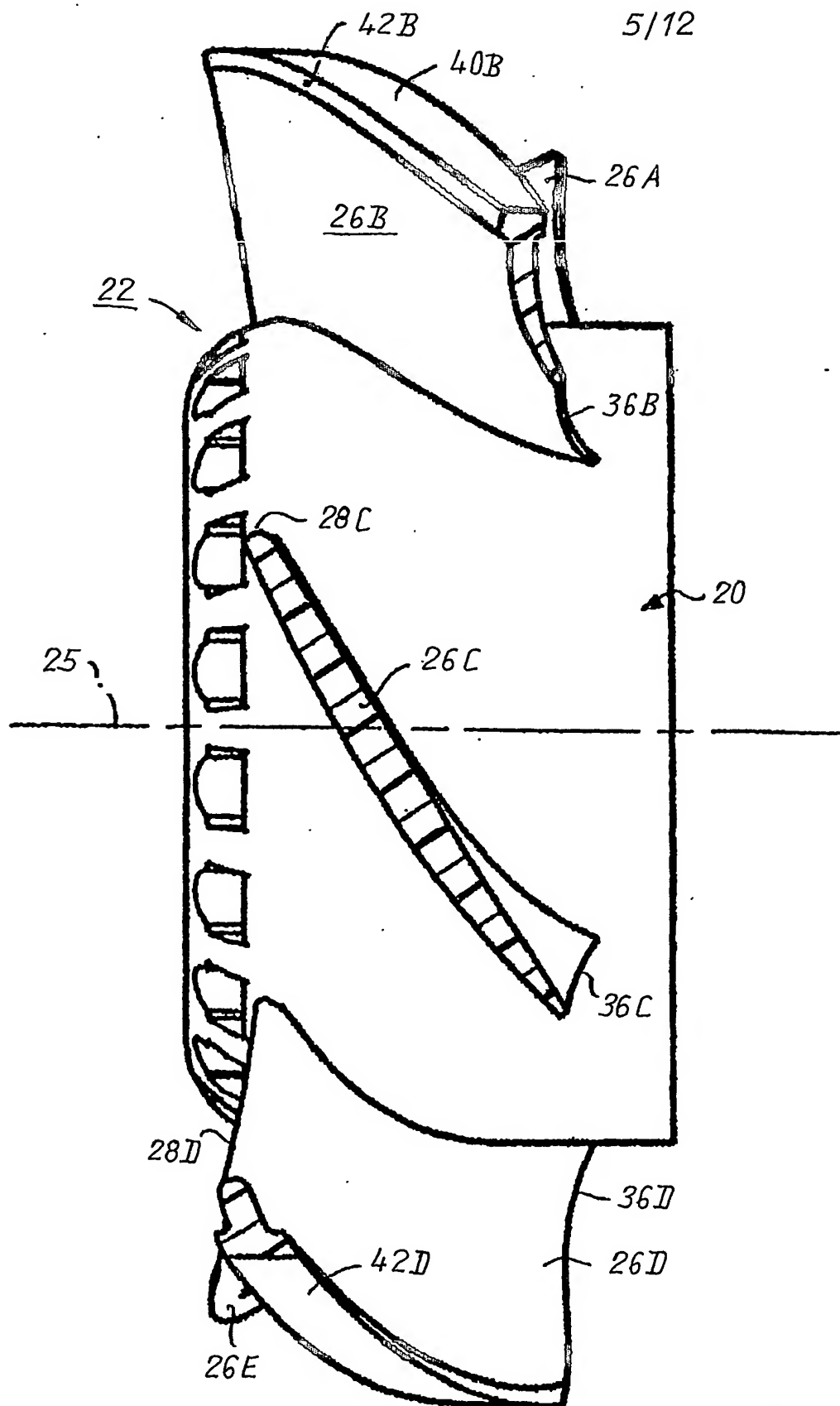
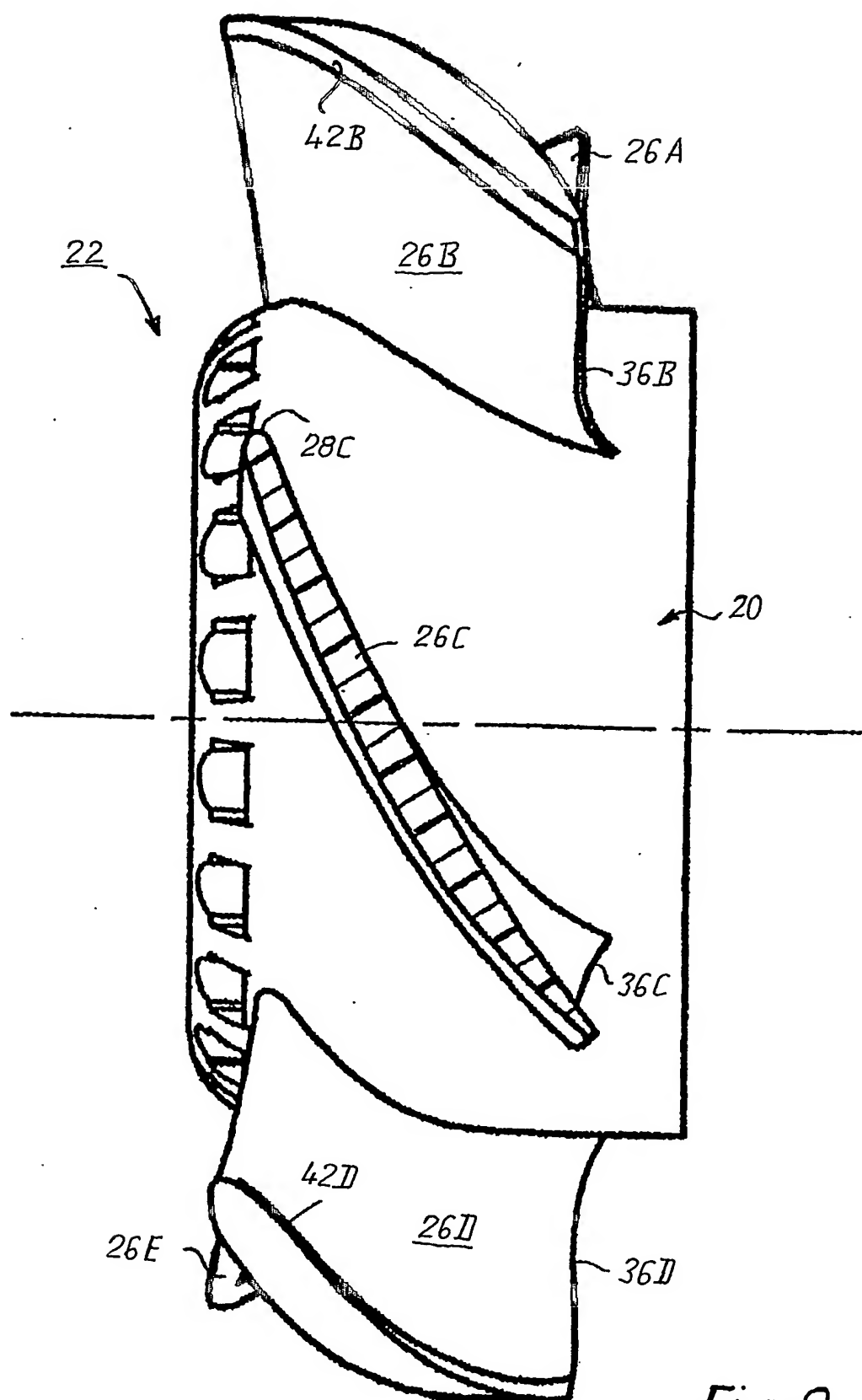


Fig. 7

6/12



7/12

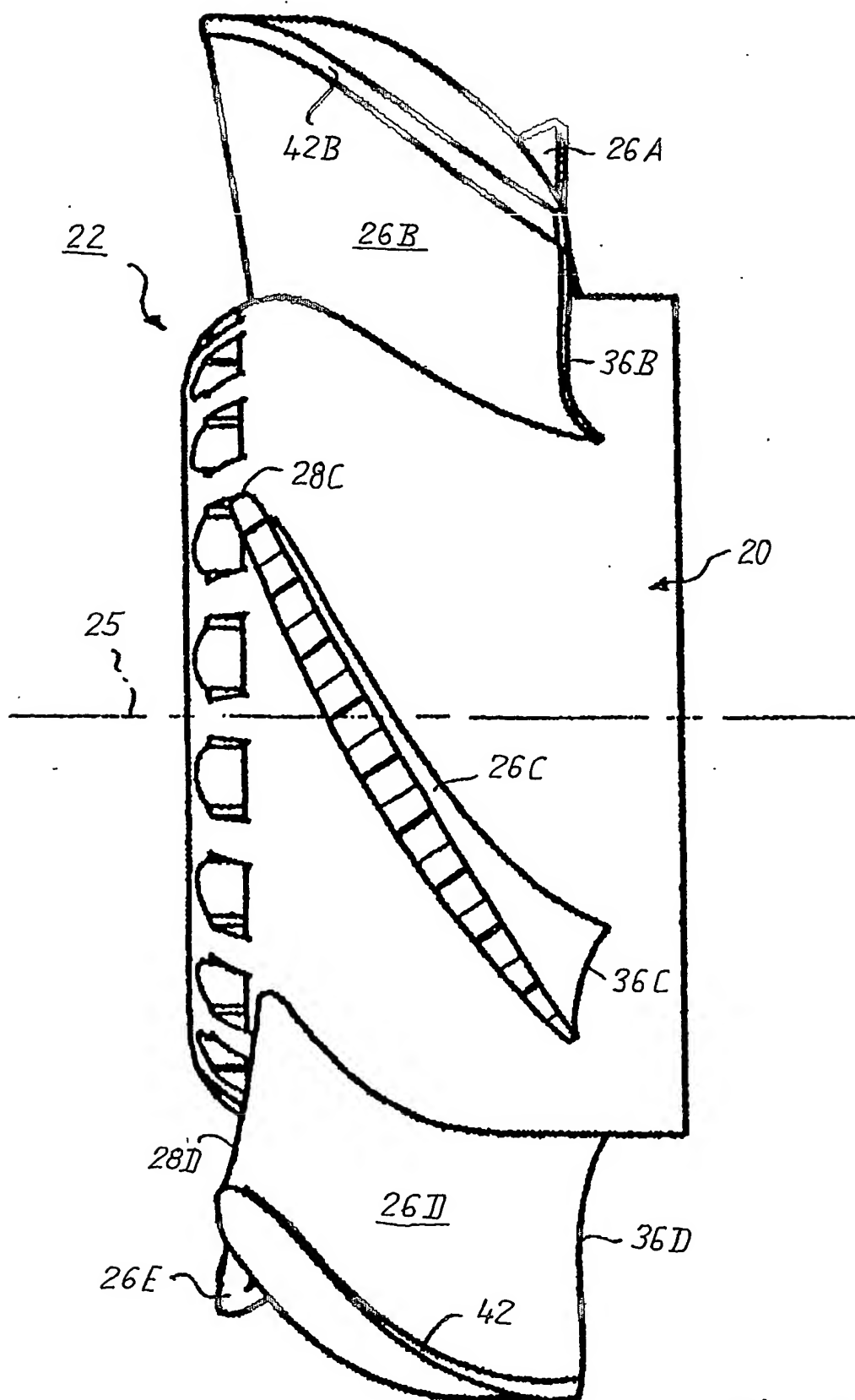


Fig. 9

8/12

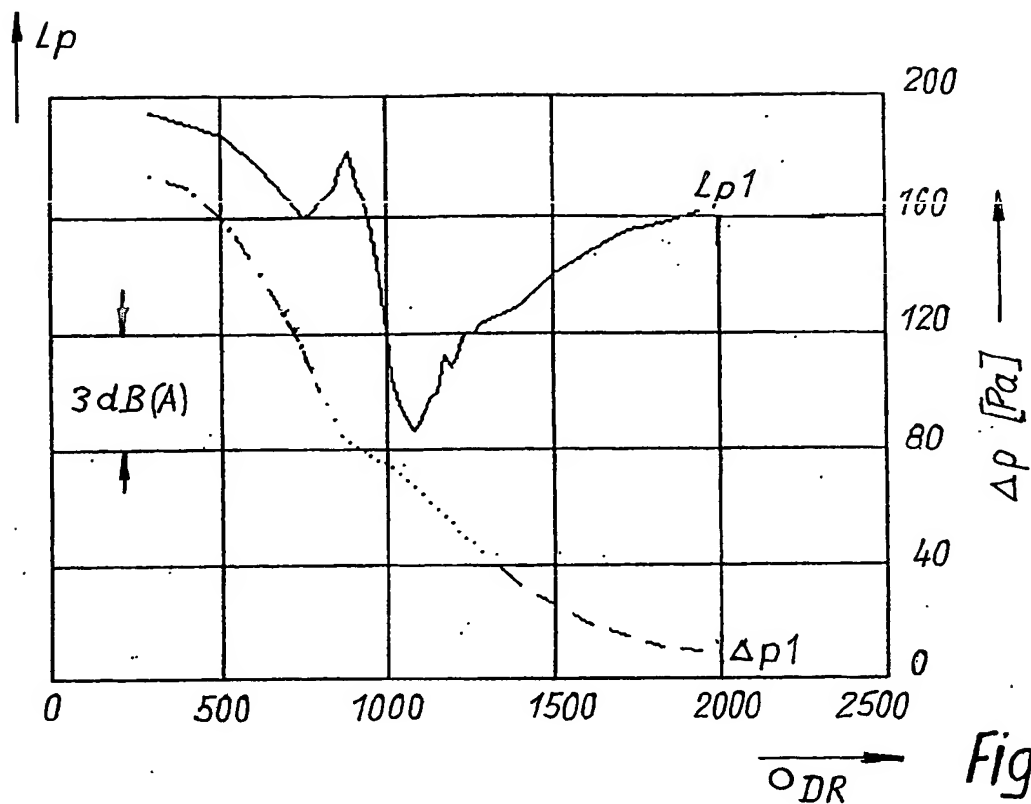


Fig.10

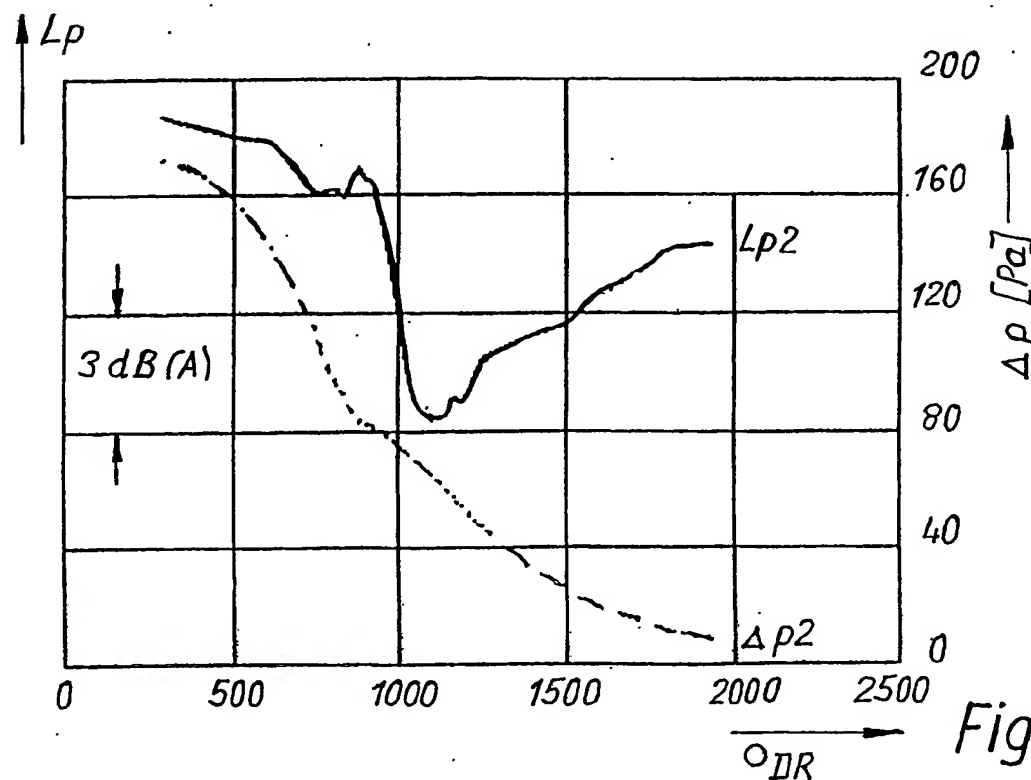


Fig.11

9/12

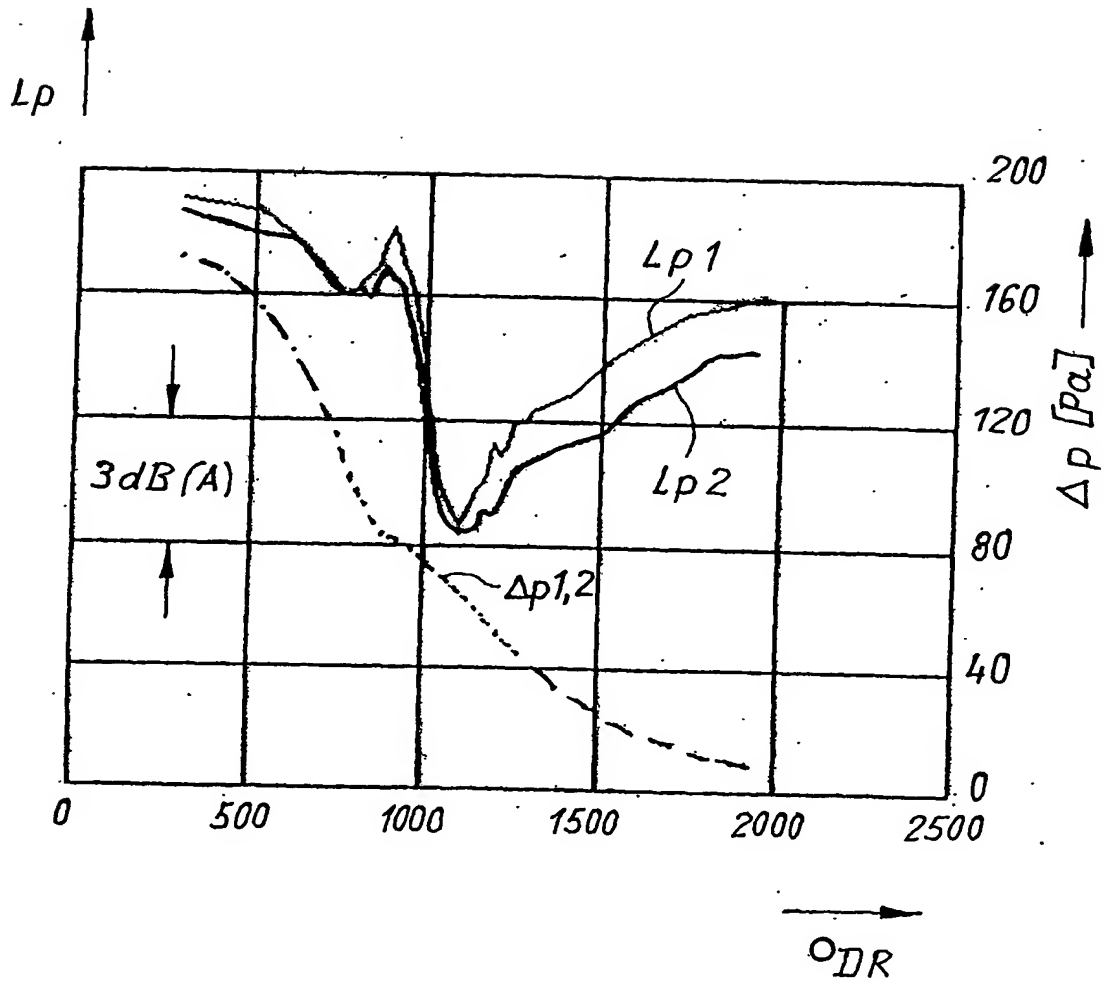


Fig. 12

12/12

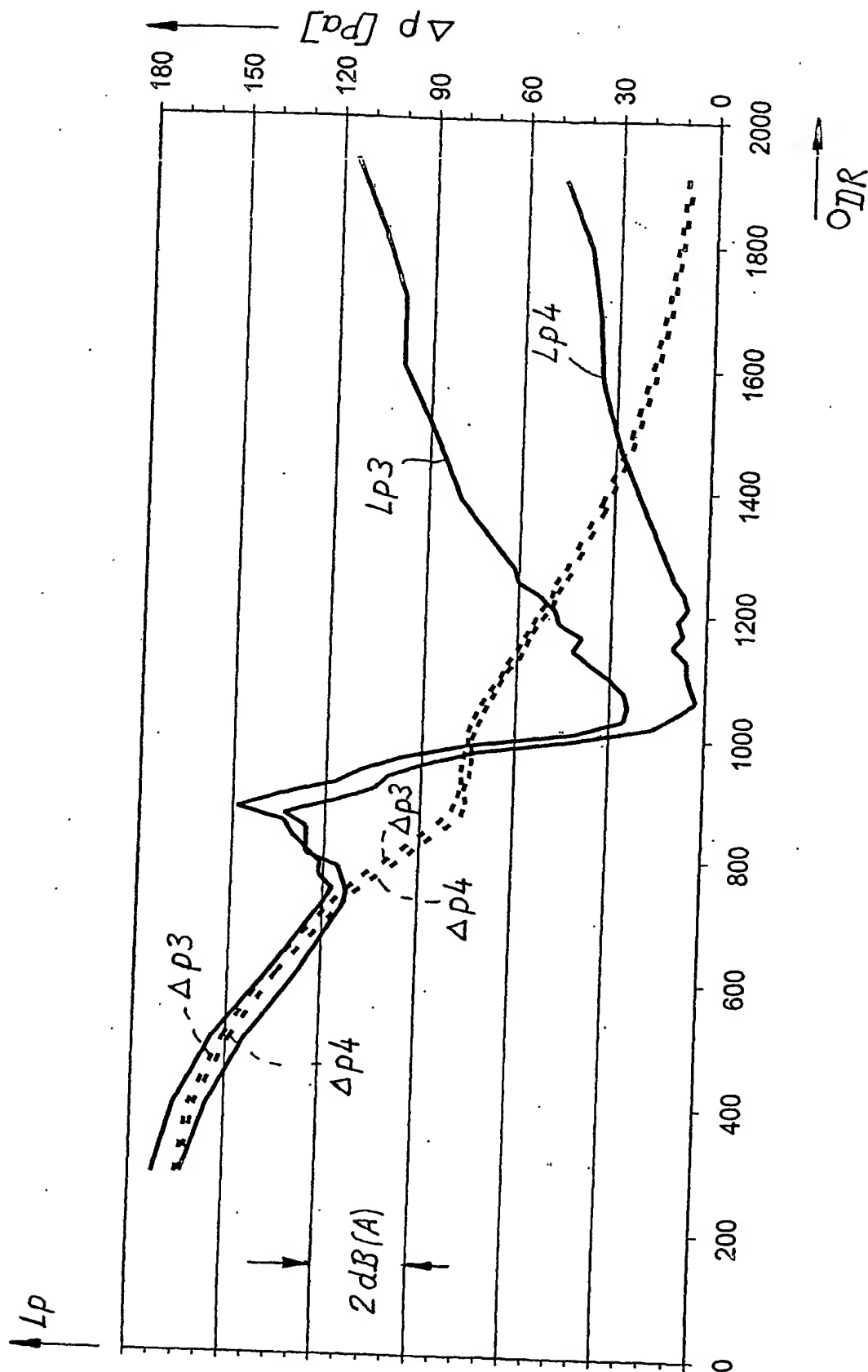


Fig.15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/003916

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F04D29/38 F04D29/32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 F04D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 769 607 A (SAVAGE JOHN R ET AL) 23 June 1998 (1998-06-23) the whole document	1, 12
Y	DE 30 17 226 A (PAPST MOTOREN KG) 20 November 1980 (1980-11-20) the whole document	1, 12
A	US 5 297 931 A (YAPP MARTIN G ET AL) 29 March 1994 (1994-03-29) the whole document	1, 12
A	DE 41 27 134 A (PAPST MOTOREN GMBH & CO KG) 18 February 1993 (1993-02-18) the whole document	1, 12

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *8* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 August 2004

Date of mailing of the international search report

23/08/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ingelbrecht, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/003916

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5769607	A	23-06-1998	NONE	
DE 3017226	A	20-11-1980	DE 3017226 A1	20-11-1980
			DE 3017943 A1	20-11-1980
			FR 2456865 A1	12-12-1980
			GB 2050530 A , B	07-01-1981
			JP 56029098 A	23-03-1981
US 5297931	A	29-03-1994	US 5209638 A	11-05-1993
			US 5489186 A	06-02-1996
			DE 69228189 D1	25-02-1999
			DE 69228189 T2	17-06-1999
			EP 0601119 A1	15-06-1994
			ES 2128357 T3	16-05-1999
			JP 3390989 B2	31-03-2003
			JP 7501593 T	16-02-1995
			WO 9305275 A1	18-03-1993
DE 4127134	A	18-02-1993	DE 4127134 A1	18-02-1993
			US 5695318 A	09-12-1997

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/003916

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 F04D29/38 F04D29/32		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 F04D		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 5 769 607 A (SAVAGE JOHN R ET AL) 23. Juni 1998 (1998-06-23) das ganze Dokument	1, 12
Y	DE 30 17 226 A (PAPST MOTOREN KG) 20. November 1980 (1980-11-20) das ganze Dokument	1, 12
A	US 5 297 931 A (YAPP MARTIN G ET AL) 29. März 1994 (1994-03-29) das ganze Dokument	1, 12
A	DE 41 27 134 A (PAPST MOTOREN GMBH & CO KG) 18. Februar 1993 (1993-02-18) das ganze Dokument	1, 12
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 10. August 2004		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 23/08/2004
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Ingelbrecht, P

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/003916

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5769607	A	23-06-1998	KEINE	
DE 3017226	A	20-11-1980	DE 3017226 A1	20-11-1980
			DE 3017943 A1	20-11-1980
			FR 2456865 A1	12-12-1980
			GB 2050530 A , B	07-01-1981
			JP 56029098 A	23-03-1981
US 5297931	A	29-03-1994	US 5209638 A	11-05-1993
			US 5489186 A	06-02-1996
			DE 69228189 D1	25-02-1999
			DE 69228189 T2	17-06-1999
			EP 0601119 A1	15-06-1994
			ES 2128357 T3	16-05-1999
			JP 3390989 B2	31-03-2003
			JP 7501593 T	16-02-1995
			WO 9305275 A1	18-03-1993
DE 4127134	A	18-02-1993	DE 4127134 A1	18-02-1993
			US 5695318 A	09-12-1997